Jb. nass. Ver. Naturkde. **131** S. 87–108 14 Abb. Wiesbaden 2010

Geohydrologie der Kressenteichquelle und anderer Quellen im Ringgau, Werra-Meißner-Kreis

BENEDIKT TOUSSAINT

Ringgau, Trias, Muschelkalk, Verkarstung, Hydrogeologie, Quellen, Schüttungscharakteristiken

K u r z f a s s u n g : Der im hessischen Werra-Meißner-Kreis gelegene Ringgau wird als westlicher Ausläufer der Thüringer Triasmulde geologisch durch Gesteine des Muschelkalks mit Verkarstungsphänomenen dominiert. An der Schichtgrenze Oberer Buntsandstein (Röt)/Unterer Muschelkalk entspringt in Breitau die schüttungsstärkste Quelle Hessens. Kleinere Quellen treten u. a. am N-Rand des Ringgaus auf, die an die südwestliche Randverwerfung des Creuzburg - Netra-Grabens mit seinen Keupergesteinen gebunden sind. Die räumlich unterschiedlichen tektonischen und hydrogeologischen Gegebenheiten des Gebietes wirken sich deutlich in den Schüttungscharakteristiken der Quellen aus, die anhand von Beispielen im Detail beschrieben werden.

Inhaltsverzeichnis

1 Untersuchungsraum und Zielsetzung

In Breitau, heute Stadtteil von Sontra und am W-Rand des Ringgaus gelegen, tritt die stärkste Einzelquelle Hessens mit einer Schüttung von bis zu 1200 l/s zu Tage. Diese große Karstquelle wurde im Jahr 1938 gefasst und versorgt seither die Region mit Trinkwasser. Andere Quellen des Ringgaus weisen vergleichsweise geringe Schüttungen auf, werden aber trotzdem teilweise zur Trinkwasserversorgung herangezogen.

Der überwiegend auf Blatt 4926 Herleshausen der Topographischen Karte 1:25000 (TK 25) liegende Ringgau gehört im Wesentlichen zum Werra-Meißner-Kreis und reicht mit seinem südöstlichen Ende in den thüringischen Wartburgkreis. Dieser durch Reliefumkehr entstandene Höhenzug ist in geologischer Hinsicht ein NW - SE gestreckter westlicher Ausläufer des Erfurter Beckens (auch Thüringer Triasmulde genannt). Er wird im NE von der Ifta und dann weiter im Uhrzeigersinn im E und SE von der Werra, im S von der Nesse, im W von der Ulfe bzw. von der Bundesstraße B 400, im NW ebenfalls von der B 400 und im N von der Netra in etwa begrenzt.

In diesem Beitrag werden die geologischen Gegebenheiten des Ringgaus beschrieben und aus den unterschiedlichen petrologischen Eigenschaften der maßgebenden Gesteine und der tektonischen Situation des Gebietes die hydrogeologischen Verhältnisse abgeleitet. Es wird gezeigt, dass diese im Ringgau teilweise sehr unterschiedlich sind und daraus zu folgern ist, dass trotz desselben Speicher- und Leitergesteins (Muschelkalk) für das Grundwasser die Quellen sich nicht nur hinsichtlich ihrer Ergiebigkeit, sondern auch im Hinblick auf ihre Schüttungscharakteristiken unterscheiden.

Die hydrogeologischen Befunde und Schlussfolgerungen müssen in der Praxis mit den Ergebnissen hydrologischer Messungen abgeglichen und validiert werden. Um entsprechende beweissichernde Datensätze zu erhalten, wurden Ende der 70er- und Anfang der 80er-Jahre des letzten Jahrhunderts auf Veranlassung des Verfassers von der damaligen Hessischen Landesanstalt für Umwelt auf der Ringgau-Hochfläche hydrometeorologische Messstationen eingerichtet, die mangels Betreuung inzwischen leider aufgelassen sind. Die Schüttung der Kressenteichquelle, der in diesem Beitrag besondere Aufmerksamkeit gilt, wird seit den 1940er-Jahren registriert, in den Abläufen der Quellen in Röhrda und Lüderbach am N-Rand des Ringgaus, deren Schüttungscharakteristiken denen der Kressenteichquelle vergleichend gegenübergestellt werden, wurden ergänzend Messgerinne gebaut. Die Messwerte, die im Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie in Wiesbaden archiviert sind, werden vom Autor analysiert und mit dem geologischen bzw. hydrogeologischen Inventar des untersuchten Gebietes korreliert.

Die bei Ifta im Wartburgkreis in 255 m ü. NN entspringende schüttungsstarke Klingbornquelle (0 - 50 l/s) wurde nicht in die damaligen Untersuchungen einbezogen, weil sie bis 1989 in der 5 km-Sperrzone entlang der innerdeutschen Grenze lag und diese Karstquelle außerdem ihr Einzugsgebiet im Bereich des Kehrberges nördlich des Ringgaus hat (GEYER et al. 1999).

2 Geologische Verhältnisse

Der Ringgau ist Teil der nordosthessischen Trias-Landschaft, in der Gesteine des Buntsandsteins, des Muschelkalks und des Keupers vorkommen (Abb. 1). Aufgrund spezieller tektonischer Gegebenheiten stehen untergeordnet, so bei Sontra und Wommen, auch Gesteine des Zechsteins an, die oberflächennah im Wesentlichen karbonatisch (Kalksteine, z.T. dolomitisch, Dolomite) und sulfatisch (Anhydrit oder Gips) ausgebildet sind.

Während der Buntsandstein-Zeit, 245 - 237 Mio. Jahre vor heute, transportierten mäandrierende, sich häufig verzweigende Flüsse ungeheure Massen von Ton, Schluff, Sand und Geröll im Übergangsbereich zwischen Festland und Meer in das sich ständig senkende sog. Germanische Becken. Die dominierende rote Farbe der Ablagerungen, die später unter der Auflast jüngerer Sedimente verfestigt wurden, resultiert aus einem heißen, ariden bis semiariden Klima, das intensive Oxidationsprozesse zur Folge hatte, das Eisen liegt als dreiwertige Verbindungen vor. In der näheren Umgebung des Ringgaus kommt vor allem der nach GEYER (2009) ca. 150 m mächtige Mittlere Buntsandstein vor, der hauptsächlich aus Sandsteinen besteht, die insbesondere in früheren Jahren in Steinbrüchen abge-

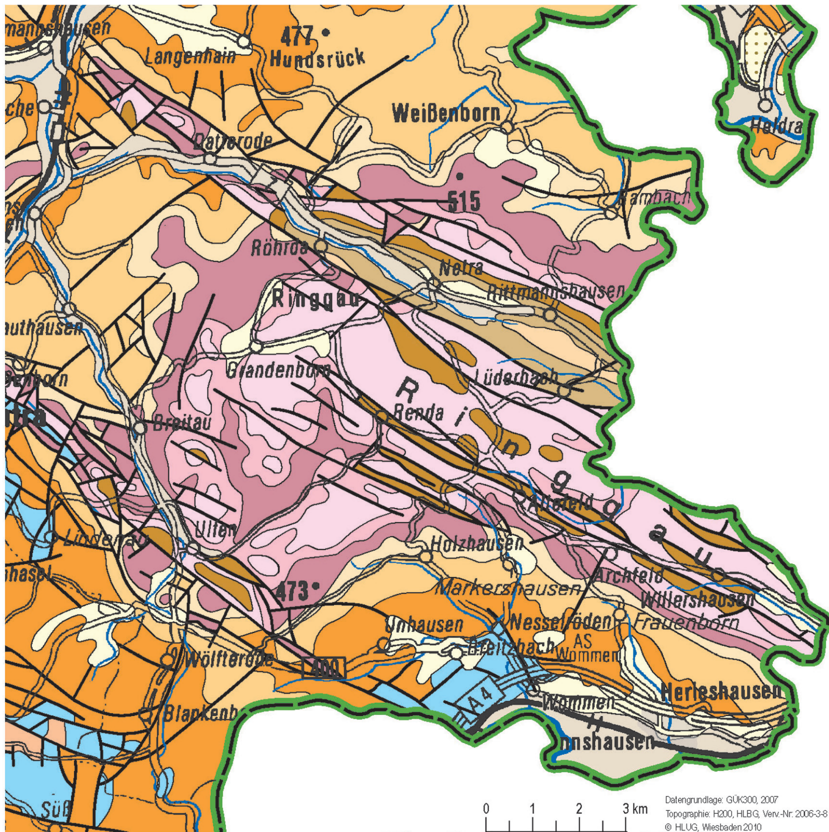


Abbildung 1: Geologische Karte des Ringgaus und Umgebung, hessischer Teil; Ausschnitt aus der digitalen GÜK300 vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

baut und vielfältig verwendet wurden. Ihm lagert der maximal ca. 130 m mächtige Obere Buntsandstein (GEYER 2009) mit dominierenden Ton- und Schluffsteinen sowie z.T. auch Mergelsteinen und Gipslagen auf. Da die Gesteine des Oberen Buntsandsteins (auch Röt genannt) leicht erodiert werden, bilden sie im Gelände relativ flache, landwirtschaftlich genutzte Hänge.

Über dieser Geländeverflachung im Vorland des Ringgaus bildet der Muschelkalk, dessen Gesteine im Zeitraum 237 - 225 Mio. Jahren vor heute in einem warmen, flachen Meer unter überwiegend humiden Bedingungen (Ausnahme Mittlerer Muschelkalk, in einem verdampfenden Meer kamen Anhydrit/Gips und später sogar Steinsalz zur Ablagerung) abgelagert wurden, ein nicht übersehbarer Landschaftsbildner. Im Untersuchungsgebiet hat der Muschelkalk, der früher in kleinen, heute meist zugewachsenen Steinbrüchen abgebaut wurde (Abb. 2), eine Mindestmächtigkeit von 186,5 m, im Bereich Eisenach/Thüringen werden bis zu 215 m erreicht (GEYER 2009, GEYER et al. 1999).



Abbildung 2: Ehemalige Materialentnahme aus dem Unteren Muschelkalk südwestlich Breitau bei den Fischteichen westlich Ulfenbach und somit knapp außerhalb des Ringgaus (Gauß-Krüger-Koordinaten: 3569348 / 5658748), Situation am 1. September 2010; Foto: R. Geyer, Eisenach.

Dem Muschelkalk verdankt der Ringgau seine charakteristische Morphologie, nämlich eine vielerorts auffällige, in der Regel bewaldete Schichtstufe (Abb. 3) und eine überwiegend ackerbaulisch genutzte flachwellige Hochfläche. Die im Wesentlichen an die ausstreichenden Gesteine des 85 - 90 m mächtigen Unteren Muschelkalks (Geyer 2009) gebundene Geländekante ist statisch nicht stabil, da die Röttone wegen ihres Kontaktes mit dem im auflagernden Unteren Muschelkalk zirkulierendem Grundwasser plastisch und gleitfähig werden und dadurch das Abrutschen von Felspartien an der so/mu-Grenzfläche begünstigen. Diskutiert wird auch, dass durch das Auflösen von Gipslagen in den Rötschichten durch Wasser Hohlräume entstehen, die ein Nachsacken der hangenden Schichten des Muschelkalks zur Folge haben, vermutlich aber nur untergeordnet (Geyer et al. 1999). Alle diese Vorgänge haben ein Zurückverlegen der Geländestufe, die von Zeit zu Zeit abbricht, zur Folge. Ein im August 1956 am Schickenberg nördlich Breitau erfolgter Felsabsturz ist noch in guter Erinnerung. Die Hochfläche in einer mittleren Höhe von etwa 420 m ü. NN (Abb. 4) fällt an den erwähnten Stufenabhängen insbesondere nach W und SW zum Ulfetal sowie nach S mehr oder weniger steil ab. Am SE-Ende des Ringgaus haben die dortigen Steilhänge oberhalb der Bahnstrecke Frankfurt a. M. - Leipzig und der Bundesautobahn A 4 eine andere Ursache, sie gehen auf die Erosionsleistung der Werra bei im Wartburgkreis gelegenen Hörschel zurück, wo der Fluss den Muschelkalk-Riegel in einem Engtal durchbricht. Nur nach N und NE geht die Hochfläche allmählich in die Weitung des nach NW entwässernden Tals der Netra (Abb. 5) bzw. des Tals der Ifta über, die nach SE zur Werra hin fließt.



Abbildung 3: Bewaldete, aus Gesteinen insbesondere des Unteren Muschelkalks bestehende Schichtstufe nördlich Breitau mit Blick auf die Boyneburg (513,0 m ü. NN), die Geländeverflachung (hellgrüne und bräunliche Farben) ist an Schluff- und Tonsteine des Oberen Buntsandsteins/Röt gebunden; Foto: Toussaint.



Abbildung 4: Ringgau-Hochfläche östlich von Grandenborn im Bereich der Verbindungsstraße Netra - Breitau; Foto: Toussaint.



Abbildung 5: An leicht ausräumbare Keupergesteine gebundene Talweitung der Netra, Blick von der Bundesstraße B 7 nach W in Richtung Netra und auf den Ringgau; Foto: Toussaint.

Auf der Hochfläche des Ringgaus steht zwar weit überwiegend der Obere Muschelkalk an, untergeordnet aber auch Keuper, der jüngste Abschnitt der Trias, dessen sehr unterschiedliche Gesteine bei wechselnden Ablagerungsbedingungen im Zeitraum 225 - 200 Mio. Jahren vor heute sedimentiert wurden. Es werden nur Ablagerungen des Unteren Keupers angetroffen, die hauptsächlich aus Tonmergelsteinen („Letten“) bestehen. Die Keuperschichten wurden in einem weiten und flachen Becken mit Flussrinnen, Seen und Sümpfen gebildet, in das das Meer über die Burgundische Pforte gelegentlich eindrang. Der Untere Keuper ist heute nur deswegen erhalten, weil er an schmale Streifen gebunden ist, die graben- oder muldenartig in den Muschelkalk eingesenkt sind und im Gelände leicht an ihrer Morphologie zu erkennen sind. Diese kleinen Gräben verlaufen parallel zum Creuzburg – Netra-Graben im N und Sontra-Graben im S des Ringgaus. Diese beiden Großgräben treten wegen ihrer überwiegend aus leicht ausräumbaren Gesteinen bestehenden Füllung (im Creuzburg - Netra-Graben stehen auch Gesteine des Mittleren und Oberen Keupers, im thüringischen Anteil auch des Lias, der untersten Stufe des Jura, an) morphologisch als breite Senken in Erscheinung.

Bei Hörschel am SE-Ende des Ringgaus ist ein Basaltgang (Limburgit) im Muschelkalk aufgeschlossen, der mit dem Rhönvulkanismus im Miozän (23 - 5 Mio. Jahre vor heute) in Verbindung gebracht wird (GEYER et al. 1999). Die jüngsten Ablagerungen gehören dem vor rd. 2,6 Mio. Jahren beginnenden Quartär an. Der Ringgau wurde von den Gletschern des vor 11.400 Jahren zu Ende gegangenen Pleistozäns mit seinen wechselnden Kalt- und Warmzeiten nicht erreicht. Es herrschte aber während der Kaltzeiten („Eiszeiten“) ein sehr ungemütliches Klima, das dem der heutigen Tundra in Sibirien entsprach. In den Tälern der Ulfe

und der Netra sowie anderer oberirdischer Gewässer wurden damals und im heutigen Holozän Tone, Sande und Kiese abgelagert, auf der Hochebene des Ringgaus im ausgehenden Pleistozän auch Löss, der heute überwiegend verlehmt ist. An einigen Stellen ist auch Travertin (Quelltuff) zu finden.

Im Hinblick auf die Lagerung der Gesteine sind der Ringgau und seine Umgebung ein sog. Bruchschollengebirge. Das Gesteinspaket wurde an der Wende Jura/Kreide, das heißt vor ca. 145 Mio. Jahren, von starken, mit Unterbrechungen bis in das jüngste Tertiär fortdauernden Bewegungen der Erdkruste erheblich beansprucht. Speziell in den das Muschelkalkpaket des Ringgaus im N/NE und S/SW begrenzenden beiden tektonischen Großgräben wurden die Schichten u. a. infolge der Heraushebung des Thüringer Waldes an zahllosen Störungen, die vorrangig in SE - NW-, aber auch in SSW - NNE-Richtung verlaufen, in Teilschollen zerlegt, gegeneinander gehoben oder abgesenkt, verbogen, schräg gestellt und z.T. überkippt. Wegen der komplizierten tektonischen Verhältnisse in diesem Schollenmosaik werden Schichten, die in der stratigraphischen Abfolge übereinander liegen, im Aufschluss nebeneinander angetroffen (Geyer et al. 1999).

Wie an anderer Stelle bereits angesprochen, finden sich auch im eigentlichen Ringgau kleine Gräben, in denen einstmals den Muschelkalk überlagernde Schichten des Unteren Keupers relativ zum Muschelkalk abgesenkt sind und dadurch nicht völlig erodiert wurden. Sie haben die gleiche Streichrichtung wie die Großgräben und treten nach SE hin immer stärker in Erscheinung. Deswegen wird in dieser Richtung die Muschelkalkplatte, die generell wegen ihrer harten Gesteine durch unzählige Klüfte durchsetzt ist (siehe Abb. 2), immer schmäler. Dagegen haben im westlichen und zentralen Ringgau Schichtenverbiegungen eine große Bedeutung. Insgesamt gesehen ist der Ringgau in Bezug auf die Lagerung der Muschelkalkplatte eine in sich wieder gegliederte Großmulde (siehe Abb. 1). Im W- und SW-Teil des Ringgaus und somit im Einzugsgebiet der Kressenteichquelle lässt sich eine sekundäre Einmuldung feststellen. Diese verläuft im Bereich Grandenborn zunächst E - W und biegt danach nach S in eine SSW - NNE-Richtung um („Grandenborner Mulde"). Wird die Grenze Röt/Unterer Muschelkalk als Bezugshorizont genommen, senkt sich die Muldenachse von ca. 270 - 290 m ü. NN auf rd. 240 m ü. NN bei Breitau ab. An der Kressenteichquelle streicht diese wichtige Gesteinsgrenze, die für die unterirdische Entwässerung eine enorme Rolle spielt, orographisch am tiefsten aus, danach steigt sie nach N (Schickeberg und Boyneburg) und ebenso nach S (Raum Ulfen) wieder auf rd. 400 m ü. NN an (Toussaint 1979).

3 Hydrogeologische Verhältnisse

Das gesamte Muschelkalk-Paket stellt ein in sich wieder differenziertes Grundwasserstockwerk dar, an die gut durchlässigen Kalksteine des Unteren Muschelkalkes ist der Hauptgrundwasserleiter gebunden. Da CO_2-haltiges Wasser die Karbonatgesteine speziell im Bereich von größeren Klüften oder Störungen auflöst, kommt es zu deren karstkorrosiver Erweiterung. Die Geologen sprechen von Karströhren, die dem unterirdischen Wasser als bevorzugte Fließwege dienen. Die Sohlschicht des Grundwasserstockwerks insgesamt bzw. des an den Un-

teren Muschelkalk gebundenen Hauptgrundwasserleiters bilden die unterlagernden wassersperrenden Tone und Schluffe des Röts. Daher tritt das Wasser hier in Form von Schichtgrenzquellen aus wie im Falle der Kressenteichquelle in Breitau. Da bei Breitau die Basis des verkarsteten Kluftgrundwasserleiters über dem Niveau des Vorfluters Ulfe liegt, könnte das Wasser aus dem Gesteinspaket vollständig auslaufen. Die Quellen in Röhrda und Lüderbach am N-Rand des Ringgaus sind dagegen sog. Überlaufquellen, deren Höhenlage auf die Obergrenze der wenig wasserwegsamen Gesteinsfüllung am S-Rand des Creuzburg - Netra-Grabens bezogen ist (Toussaint 2005). Im Gegensatz zum Einzugsgebiet der frei auslaufenden Kressenteichquelle liegt die Basis des Grundwasserleiters am N-Rand des Ringgaus unterhalb des Talbodens der Netra und anderer kleiner Fließgewässer, Bohrungen treffen hier somit immer Grundwasser an.

Für die unterirdische Entwässerung des westlichen und zentralen Ringgaus hat die „Grandenborner Mulde" eine ganz wesentliche Bedeutung, weil in ihr das Wasser gewissermaßen gesammelt und konzentriert in Richtung Breitau abgeführt wird. Dieser muldenförmigen Schichtlagerung verdankt die Kressenteichquelle ihre starke Schüttung (Toussaint 1979). Nach E hin kommt es zu der bereits angesprochenen zunehmenden Überprägung der muldenförmigen Lagerung der Schichten durch Strukturen der Grabentektonik. Da in den schmalen Keupergräben und -halbgräben der Untere Muschelkalk in die liegenden, schlecht wasserwegsamen Schichten des Röts eingesenkt ist, resultieren aus diesen geologischen Gegebenheiten rinnenartige, NW - SE-gerichtete Sammel- und Drainsysteme, die über SW - NE- oder SSW - NNE-verlaufende Störungen miteinander in hydraulischem Kontakt stehen. Das nach N abströmende Grundwasser wird nicht nur zu Umwegen gezwungen, sondern es ist auch von mehreren hintereinander geschalteten Speichern auszugehen, die sich ebenfalls auf die Verweilzeit des Grundwassers im Untergrund und somit letztlich auf die Grundwasserbeschaffenheit und die Schüttungscharakteristiken der dortigen Quellen auswirken (Toussaint 1985, 2005).

Die unterirdischen Einzugsgebiete der genannten Quellen und anderer, allerdings unbedeutender Quellen im westlichen und zentralen Ringgau werden nach E hin offenbar durch eine flache Aufbiegung der Schichten etwa auf der Linie Archfeld - Ifta begrenzt (siehe Abb. 1). Diese Sattelstruktur ist dadurch zu erkennen, dass einerseits das hier SW - NE-verlaufende Tal des Ölbachs in den Mittleren Muschelkalk eingeschnitten ist und andererseits im Tal der Werra weiter östlich die Gesteine des Muschelkalks nach E bis NE einfallen. Die Werra ist in ihrem Durchbruchstal in den Unteren Muschelkalk eingeschnitten.

Im zentralen Ringgau beträgt der Abstand der Geländeoberfläche bis zum Grundwasserspiegel weit mehr als 100 m. Da aber das schwache Relief der Hochfläche, die dort vorherrschenden flachgründigen und gut wasserdurchlässigen Böden der Rendzinareihe und das dichte Kluftnetz, das die Muschelkalkplatte zerlegt, das rasche Absickern des Niederschlagswassers begünstigen, stellt der große Grundwasserflurabstand keinen wesentlichen die Quellschüttung dämpfenden Faktor dar.

Im gesättigten Teil des Grundwasserleiters sind zwei unterschiedliche Entwässerungsmechanismen zu unterscheiden (Toussaint 1985): das schnelle Leer-

laufen der klaffenden Klüfte, Störungszonen und Karströhren im Unteren Muschelkalk (sehr gute Leiter-, aber schlechte Speichereigenschaften) einerseits und das sich über längere Zeit hinziehende Entwässern der kleinen Klüfte (schlechte bis bestenfalls mittlere Leiter-, aber gute Speichereigenschaften) andererseits. Unter extremen hydrologischen Bedingungen kann gefolgert werden, dass in Nassperioden weitgehend nur die schnelle Abflusskomponente und in längeren Trockenperioden ausschließlich die langsame Abflusskomponente für die Schüttung verantwortlich sind.

Die Drainsysteme mit großem Hohlraumvolumen können große Wassermengen aufnehmen und sich wegen des geringen Retentionsvermögens schnell entleeren. Die Fließgeschwindigkeiten können sehr hoch sein: Vor vielen Jahren in Schlucklöcher im Oberen Eisbachtal eingebrachter Farbstoff benötigte bis zum Wiederaustritt in der 3,5 km (Luftlinie) entfernten Kressenteichquelle gerade zwei Tage. Das Ergebnis dieses leider nur unzureichend dokumentierten Markierungsversuchs wird bestätigt durch die Tatsache, dass Grundwasserstandsschwankungen in der Messstelle 410053 Grandenborn im Bereich der zentralen Ringgau-Hochfläche und Schüttungsschwankungen der Kressenteichquelle speziell im Zusammenhang mit größeren Grundwasserneubildungsprozessen mit $R = 0,96$ hoch korreliert sind. Fällt mehr Sickerwasser an, als im Untergrund abgeleitet werden kann, steigt der Grundwasserspiegel, was wiederum gleichbedeutend ist mit einer Erhöhung der Quellschüttung. Es ist z. B. bekannt, dass spätestens zwei Tage nach Starkregen Schüttungsmaxima insbesondere in der Kressenteichquelle, verbunden mit schubweisen Eintrübungen, auftreten. Infolge des geringen Reinigungsvermögens der stärker verkarsteten Partien im Unteren Muschelkalk können Verunreinigungen schnell und über weite Entfernungen transportiert werden. Das Grundwasser des Unteren Muschelkalks ist deshalb hygienisch gefährdet (von Zeit zu Zeit Nachweis hoher Keimzahlen und von E. coli), zumal ausreichend mächtige, wenig wasserdurchlässige und gut reinigende Deckschichten über dem verkarsteten Muschelkalk auf der Hochebene nicht flächendeckend vorhanden sind. Wegen dieser Verschmutzungsanfälligkeit ist in der Vergangenheit wiederholt geplant gewesen, die Quelle vom Netz zu nehmen. Bei niedrigen Wasserständen im Grundwasserleiter, was gleichbedeutend ist mit kleineren Quellabflüssen, werden offenbar vorrangig die engen Klüfte, die nur eine geringe Wasserdurchlässigkeit aufweisen, entwässert, und zwar relativ langsam. Wenn kein Niederschlag fällt, gehen große Abflüsse rasch zurück, während sich kleine Schüttungen über einen längeren Zeitraum reduzieren.

In hydrochemischer Hinsicht gehört das nach der Härteskala von KLUT-OLSZEWSKI als „etwas hart“ eingestufte neutrale Grundwasser (pH-Wert 7,1) dem Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Typ an. Im Durchschnitt sind rd. 17 mmol(eq)/l Salze gelöst. Der Mineralisationsgrad schwankt in Abhängigkeit von der Schüttung, insgesamt aber nur wenig. Trotzdem ist festzustellen, dass mit geringer werdender Quellschüttung der Sulfatgehalt (SO_4^{2-}) ansteigt, weil das Sickerwasser bzw. Grundwasser über längere Zeit Gips- und Anhydritlagen im Mittleren Muschelkalk ablaugen kann und das ebenfalls Evaporite beinhaltende Röt im Liegenden des Unteren Muschelkalks die Sohlschicht des Grundwasserleiters ist (Abb. 6).

Ein erhöhter Nitratgehalt (NO_3^-) im Grundwasser, der in seiner Größenordnung um den halben Grenzwert der deutschen Trinkwasserverordnung bzw. der sich

auch auf das Grundwasser beziehenden EU-Wasserrahmenrichtlinie von 50 mg/l schwankt, hat seine Ursache in der landwirtschaftlichen Nutzung der Ringgau-Hochfläche. Vermutlich spielt aber auch eine Rolle, dass das geklärte Abwasser einiger auf der Hochfläche gelegenen Ortschaften noch in der jüngeren Vergangenheit in den Untergrund versickert wurde. Heute wird das anfallende Abwasser

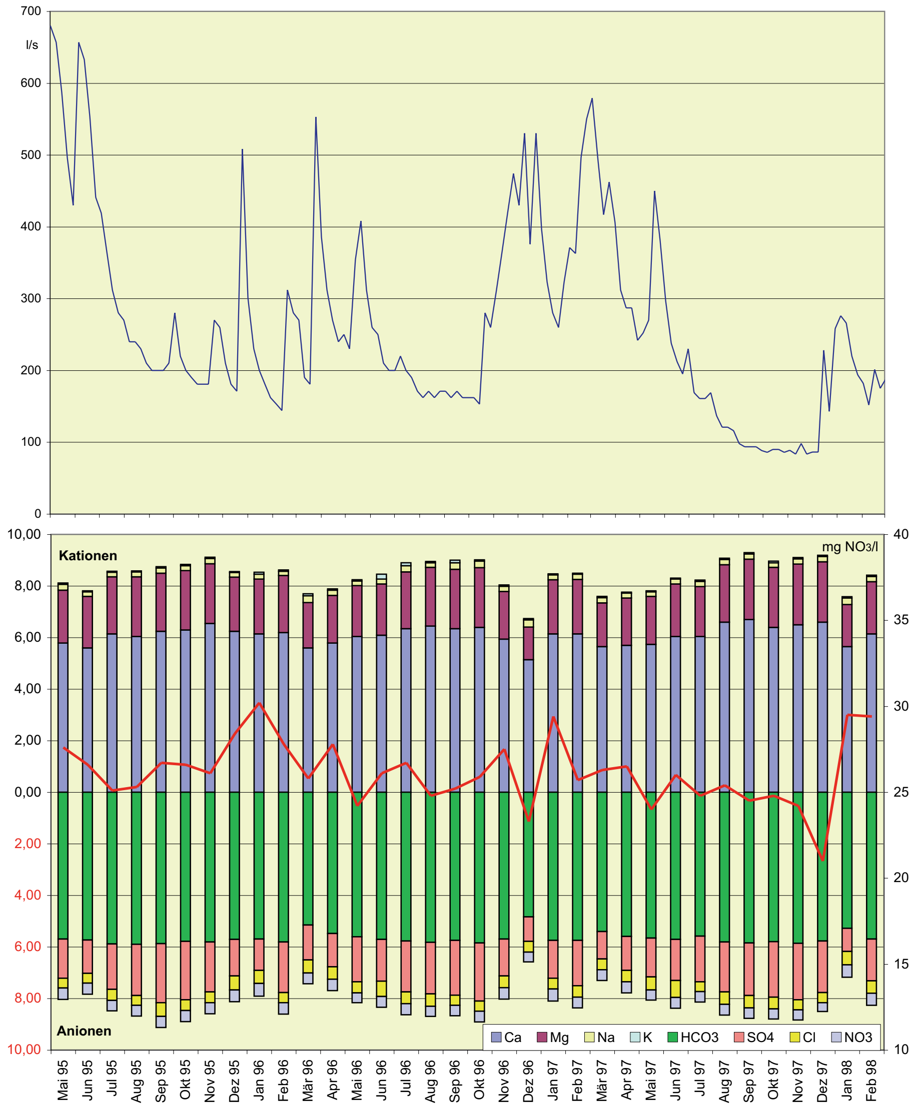


Abbildung 6: Beschaffenheit (monatliche Beprobung) des Wassers der Kressenteichquelle Breitau und Schüttung im Zeitraum Mai 1995 – Februar 1998; die rote Linie gibt die Nitratkonzentrationen wieder.

mittels Transportleitungen zur Kläranlage Reichensachsen geleitet und dort behandelt.

Oberirdischer Abfluss ist im Bereich der Ringgau-Hochfläche in der Regel nur an die Nichtkarbonatgesteine in den Grabenfüllungen oder an Lösslehmflächen (insbesondere im Raum Renda) gebunden, der aber nach mehr oder weniger langem Lauf meist vollständig in den Untergrund versickert. Daneben existieren noch kleine episodische Quellen auf der Hochfläche, die an bestimmte Gesteine des Oberen Muschelkalks oder an geringmächtige Dolomit- und Sandsteine des Unteren Keupers gebunden sind. Nur im Gefolge von Starkregen existieren in den scharf in die Hochfläche eingekerbten Trockentälern des Eisbachtales und Rendatales Gerinne, die jedoch meistens an Schlucklöchern (Schwinden) enden und nach Ausweis eines Markierungsversuches mit Farbe dem Wasserhaushalt der Kressenteichquelle zugute kommen (Toussaint 1979, 1985).

4 Geohydrologie der Kressenteichquelle in Breitau und kleinerer Qellen am Nordrand des Ringgaus

4.1 Messgeräte bzw. Messeinrichtungen und langjährige hydrologische Bilanz des zentralen Ringgaus

Die aus dem geologischen Inventar des Ringgaus abgeleiteten hydrogeologischen Verhältnisse lassen sich im betrachteten Gebiet am einfachsten auf ihre Stichhaltigkeit durch die Analyse des Schüttungsverhaltens von Quellen überprüfen, da diese natürliche Grundwasseraustritte sind. Außerdem ist der Nachweis zu führen, dass der Grundwasserhaushalt des untersuchten Gebietes zumindest in der Größenordnung nicht im Widerspruch steht zu dessen hydrologischer Gesamtbilanz. Diese lässt sich mittels der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung

Niederschlag (N) = Verdunstung (V) + Abfluss (A) + Bevorratung (R - B)

beschreiben, in der der Term R - B (R = Speicherung, B = Aufbrauch) bei Langzeitbetrachtung gegen Null geht. Zumindest für den zentralen Ringgau, dem Einzugsgebiet der hier betrachteten Quellen, kann A als unterirdischer Abfluss Au interpretiert werden, aufgrund der geologischen und morphologischen Gegebenheiten ist der oberirdische Abfluss Ao weitgehend vernachlässigbar. Mit kleinen Einschränkungen kann der Ringgau somit als ein natürliches „Großlysimeter“ angesehen werden (Toussaint 1979).

Die Quantifizierung der Terme der Wasserhaushaltsgleichung setzt voraus, dass im Betrachtungsgebiet die entsprechenden hydrometerologischen und hydrologischen Messeinrichtungen vorhanden sind (Abb. 7). Im Hinblick auf die Messung der Schüttung der Quellen in den Tallagen und der Erfassung des Niederschlags im Bereich der Ringgau-Hochfläche liegen Daten teilweise schon seit Jahrzehnten vor. Das Messnetz war jedoch insgesamt nicht ausreichend und wurde für vertiefte Untersuchungen Ende der 70er- und Anfang der 80er-Jahre des letzten Jahrhunderts auf Veranlassung des Autors komplettiert. So wurden auf der Hochfläche bei Grandenborn und Renda Lysimeter eingerichtet und um Niederschlags- und Verdunstungsmesser ergänzt, außerdem wurden an diesen

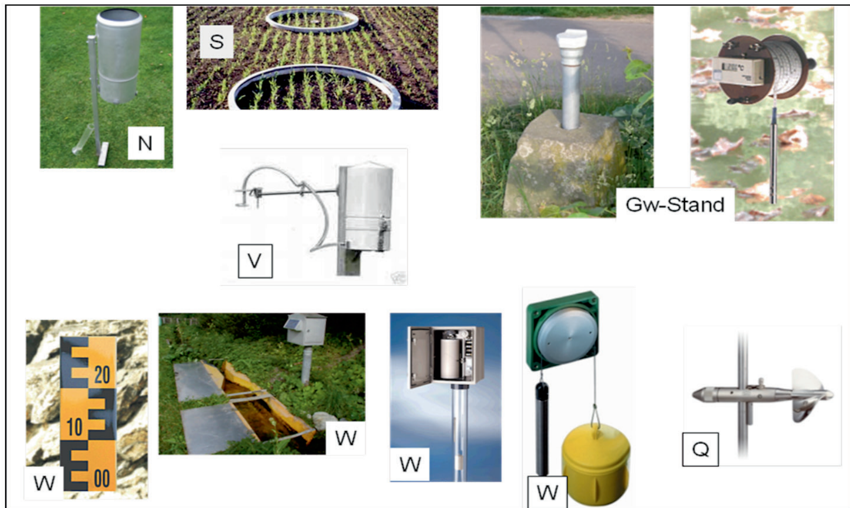


Abbildung 7: Hydrometeorologische und hydrologische Messgeräte bzw. Einrichtungen.
N = Regenmesser nach Hellmann, S = Versickerungsmesser (Lysimeter nach Friedrich-Franzen), Gw-Stand = Grundwassermessstelle und Kabellichtlot, V = Verdunstungsmesser nach Klausing (nur in frostfreien Zeiten einsetzbar), W = von links nach rechts Pegel(latte), sog. Vertikalschreiber an einem Venturi-Messgerinne, geöffneter Vertikalschreiber mit Blick auf Registriereinrichtung und Winkelkodierer mit Schwimmer und Gegengewicht, jeweils zur Messung des Wasserstandes in einem oberirdischen Gewässer, Q = Messflügel für Erfassung des Durchflusses in einem Messgerinne; weitere Erläuterungen im Text.

beiden Standorten eine Zeitlang mittels Neutronensonde ergänzende Bodenfeuchtemessungen durchgeführt. Da auch das Grundwasser-Messnetz nicht ausreichend dicht war, wurden im Ringgau insgesamt drei Messstellen gebaut, die im Gegensatz zu den hydrometeorologischen Einrichtungen auf der Hochfläche heute noch in Betrieb sind. Am N-Rand des Ringgaus wurden außerdem zwei von Quellen gespeiste kleine Bäche mit Messgerinnen ausgestattet. Da über die gewonnenen Daten und ihre Interpretation in der Fachliteratur ausführlich berichtet wurde (Toussaint 1985), kann in diesem Beitrag auf eine weitergehende Erörterung verzichtet werden. Es werden an dieser Stelle lediglich die allgemein interessierenden Größenordnungen der Glieder der Wasserhaushaltsbilanz dokumentiert, die sich auf die Hochfläche des zentralen Ringgaus beziehen:

$N = 795$ mm/Jahr, $N_{So}/N_{Wi} = 1{,}2 : 1$
$V = 475$ mm/Jahr, $V_{So}/V_{Wi} = 4{,}2 : 1$
A (Au) $= 320$ mm/Jahr, $A_{Wi}/A_{So} = 1{,}3 : 1$
$N/V = 0{,}60$ (60 %) bzw. $N/A = 0{,}40$ (40 %)
$T_{Luft} = 7{,}1$ °C

Die Zahlen besagen summarisch, dass im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai - Oktober) mehr Niederschläge fallen als im hydrologischen Winterhalbjahr (November - April), im Wesentlichen als Starkregen und Gewitterschauer, wegen der hohen sommerlichen Verdunstung (Evaporation + Transpiration) die Abflüsse der Quellen im Winter aber größer sind als im Sommer. Über das Jahr

gerechnet fallen 60 % des Niederschlags der Verdunstung anheim, entsprechend sind 40 % des Niederschlags hydrologisch wirksam, kommen also zum Abfluss.

Für die Annahme oder Verwerfung des in Kapitel 3 entwickelten hydrogeologischen Modells wurden die Kressenteichquelle in Breitau und die Quellgruppen in Röhrda und Lüderbach ausgewählt. Der Schwerpunkt liegt auf der Kressenteichquelle (Gauss-Krüger-Lagekoordinaten: R 357026, H 565927; Messpunkthöhe: 241 m ü. NN), deren Abflüsse seit 1944 erfasst werden und die seit 1958 unter der Bezeichnung 410503 Breitau auch eine Messstelle des Hessischen Landesgrundwasserdienstes ist. Von den Quellen in Lüderbach (Gauss-Krüger-Lagekoordinaten: R 357924, H 566027; Messpunkthöhe: 310 m ü. NN) und Röhrda (Gauss-Krüger-Lagekoordinaten: R 357416, H 566380; Messpunkthöhe: 271 m ü. NN) liegen dagegen erst seit 1979 bzw. 1982 Messwerte vor, diese Messstellen werden im Landesgrundwasserdienst unter den Bezeichnungen 410507 bzw. 410511 geführt. Die Lagekoordinaten und Messpunkthöhen beziehen sich nicht auf den Ort des Quellaustritts, sondern auf die Messanlagen, in allen Fällen Betongerinne (sog. Venturigerinne) mit definierter Geometrie.

In Breitau und Lüderbach werden bis heute die Wasserstände analog mittels eines sog. Vertikalschreibers kontinuierlich registriert und mittels einer Bezugskurve in Abflüsse umgerechnet (Abb. 8, 9). Bei dieser Technik werden die Änderungen des Wasserstandes über ein Drahtseil mit Schwimmer und Gegengewicht in einem bestimmten Übersetzungsverhältnis auf eine Schreibfeder übertragen, die

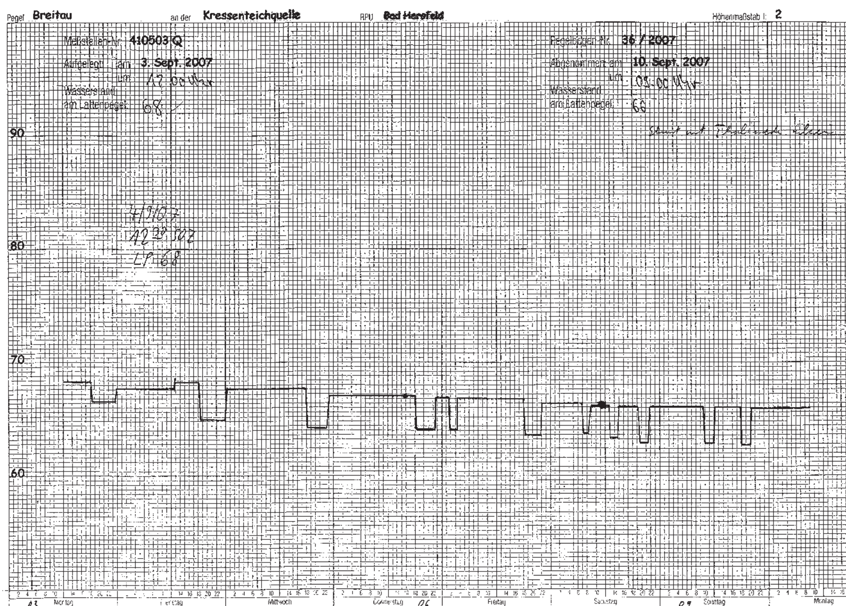


Abbildung 8: Ausschnitt eines Pegelbogens: Dokumentation des Wasserstandes im Messgerinne der Kressenteichquelle im Zeitraum 3. bis 10 September 2007, die sog.“sunks“ in der Kurve werden durch den Pumpbetrieb im Wasserwerk Breitau verursacht; freundlicherweise bereitgestellt durch Staatl. Umweltamt Bad Hersfeld.



Abbildung 9: Messgerinne in der Nähe des Austritts der Kressenteichquelle in Breitau; Foto: Toussaint.

Zu sehen sind der Messsteg, der für die Durchführung von Flügelmessungen erforderlich ist, dahinter die Pegellatte und links der Schreibpegel zur kontinuierlichen Erfassung des Wasserstandes. Das Gebäude hinten ist das Wasserwerk.

die maßstäblich verkleinerten Wasserstandsänderungen auf ein Diagrammpapier aufträgt, welches sich auf einer Schreibtrommel mit der eingestellten Umlaufzeit dreht. Bis 2005 wurden die Tagesmittelwerte des Wasserstandes von Hand aus den Pegelbögen ermittelt, danach mittels einer speziellen Software. In Röhrda werden seit einigen Jahren die Wasserstände im Gerinne zusätzlich ereignisgesteuert digital aufgezeichnet (die konventionelle Schreibtrommel ist durch einen sog. Winkelkodierer mit integriertem Datensammler ersetzt), nach ihrem Einlesen in ein Laptop und Abspeicherung in einer Excel-Tabelle stehen sie für eine direkte Weiterverarbeitung zur Verfügung. Die tabellierte Bezugskurve Wasserstand/Abfluss beruht auf sog. Flügelmessungen (Kressenteichquelle) oder bei geringer Quellschüttung (Quellen in Röhrda und Lüderbach) auf dem Einsatz eines tragbaren magnetisch-induktiven Strömungsmessers. Auf mehreren Vertikalprofilen im jeweiligen Messgerinne wird die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers gemessen und auf eine Fläche bezogen. Das Produkt aus Geschwindigkeit und Fläche entspricht einem Volumen pro Zeit und somit dem Durchfluss (meistens, wenn auch nicht korrekt, Abfluss genannt) am Messquerschnitt.

4.2 Schüttungscharakteristiken der Quellen

Im Rahmen dieses Beitrags kann nicht auf alle geohydrologischen Details eingegangen werden, es wird stattdessen auf das Fachschrifttum verwiesen (TOUSSAINT 1979, 1985, 2005). An einigen ausgewählten Beispielen soll jedoch veranschaulicht werden, wie und warum sich die aus dem geologischen Bestand hergeleiteten

hydrogeologischen Verhältnisse in Verbindung mit anderen Geofaktoren auf das Schüttungsverhalten der vergleichend betrachteten Quellen auswirken.

Die Kressenteichquelle, die früher unmittelbar nach ihrem Austritt einen in den 30er-Jahren verfüllten Mühlenteich speiste, weist zusammen mit dem nicht genutzten benachbarten Gemeindeborn ein unterirdisches Einzugsgebiet von ca. 28 km² auf (TOUSSAINT 1979). Die Größe des Einzugsgebietes erklärt sich u.a. auch daraus, dass die Quelle tiefer austritt als alle anderen und daher deren Einzugsgebiete „angezapft“ wurden und immer noch werden. Unter Berücksichtigung der nicht im Messgerinne erfassten Wassermenge, die der regionalen Trinkwasserversorgung dient (im Zeitraum 1993 - 2007 im Durchschnitt 291.035 m³/Jahr), schüttet die Quelle minimal (NNQ) etwa 50 l/s, maximal (HHQ) ca. 1200 l/s und weist einen mittleren Abfluss (MQ) von ungefähr 290 l/s auf, was einem Wasserdargebot von rd. 9,15 Mio. m³/Jahr entspricht. Das Verhältnis HHQ/NNQ von 24:1 besagt, dass der Untere Muschelkalk als Grundwasserleiter zwar verkarstet ist, aber keinesfalls extrem. Trotzdem ist die Schüttungsganglinie typischerweise sehr „unruhig“, auffallend sind die vielen Peaks (Abb. 10). Cha-

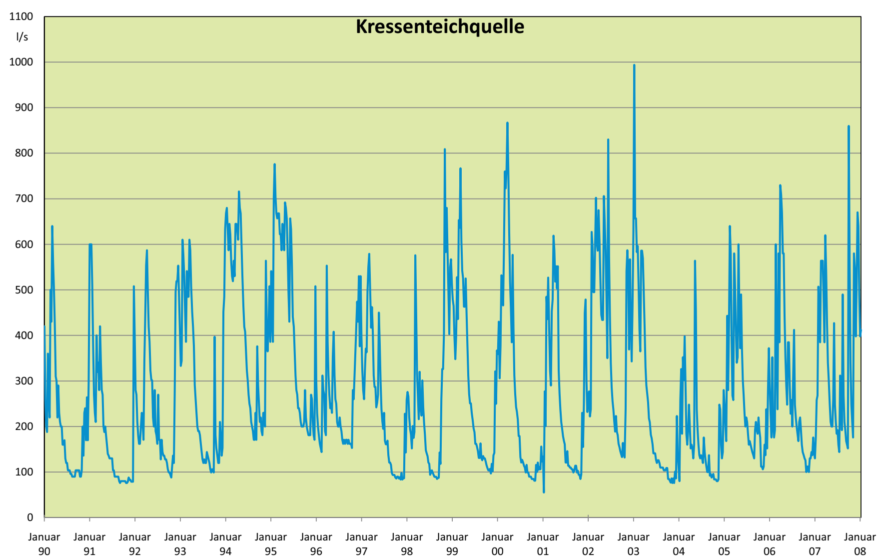


Abbildung 10: Schüttungsganglinie der Kressenteichquelle in Breitau für den Zeitraum 1990 - 2007.

rakteristisch sind der schnelle Anstieg der Schüttung – die Quelle reagiert also mit nur geringer zeitlicher Verzögerung auf Niederschlagsereignisse – und ihr ebenso rascher Rückgang aufgrund des geringen Retentionsvermögens des Untergrundes. Zu erkennen ist auch, dass in den verschiedenen Jahren die Höhe der Grundwasserneubildung sehr unterschiedlich war. Beispielsweise war die Periode Mitte 1995 bis Mitte 1998 relativ niederschlagsarm, auch wenn es einzelne sehr niederschlagsreiche Monate gab, während in den nachfolgenden fünf Jahren trotz ausgesprochen trockener Einzelmonate insgesamt überdurchschnittlich viel Regen gefallen ist. Es hängt aber sowohl vom Füllungsgrad des Grundwasserlei-

ters und vom Wassergehalt der vom Niederschlag durchsickerten Böden auf der Ringgau-Hochfläche als auch von der Lufttemperatur und der Vegetation ab, ob ein Niederschlagsereignis abflusswirksam wird oder nicht. Es wurde bereits erwähnt, dass in der kälteren Jahreszeit die Abflüsse wesentlich höher sind als im Sommerhalbjahr, in dem ein Großteil des Niederschlags wegen der hohen Temperaturen und des Wasserbedarfs der Pflanzen von der Verdunstung aufgebraucht wird (siehe Abb. 13). Das Diagramm macht aber auch deutlich, dass die häufig geäußerte Vorstellung, dass in Sommermonaten keine Grundwasserneubildung stattfindet, relativiert werden muss, speziell im Falle von Karstgebieten.

Geringe Quellschüttung wird durch die Entwässerung der engen Klüfte gespeist, in denen das Wasser eine längere Verweilzeit hat und daher höher mineralisiert ist. Das ist aber auch der Fall, wenn während oder kurz nach einem Großregenereignis aufgrund des zunehmenden hydrostatischen Drucks in den kommunizierenden großen Klüften und Karströhren das schon länger gespeicherte Wasser aus dem Grundwasserleiter herausgepresst wird und auch dadurch die Schüttung rasch ansteigt. Dieses Phänomen lässt sich durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Quellwassers, die als Integral der im Wasser gelösten Inhaltsstoffe zu verstehen ist, belegen (Abb. 11). Die Abbildung lässt erkennen, dass nach Niedrigwasserphasen auftretende Schüttungsspitzen vielfach nach kurzer Zeit einen signifikanten Anstieg der Leitfähigkeit zur Folge hatten.

Auch anhand der im Zeitraum Februar 1985 - Mai 1991 gemessenen Temperatur des Quellwassers lassen sich Aussagen machen zur Abflusscharakteristik der Kressenteichquelle (Abb. 12). Der Temperatureintrag aus der Luft findet nicht durch echte Wärmeleitung über die Gesteine oberhalb des Grundwasserspiegels statt, sondern durch den mehr oder weniger schnellen Transport der Wärme durch das Sickerwasser. Wenn eine Trockenwetterperiode länger andauert und somit

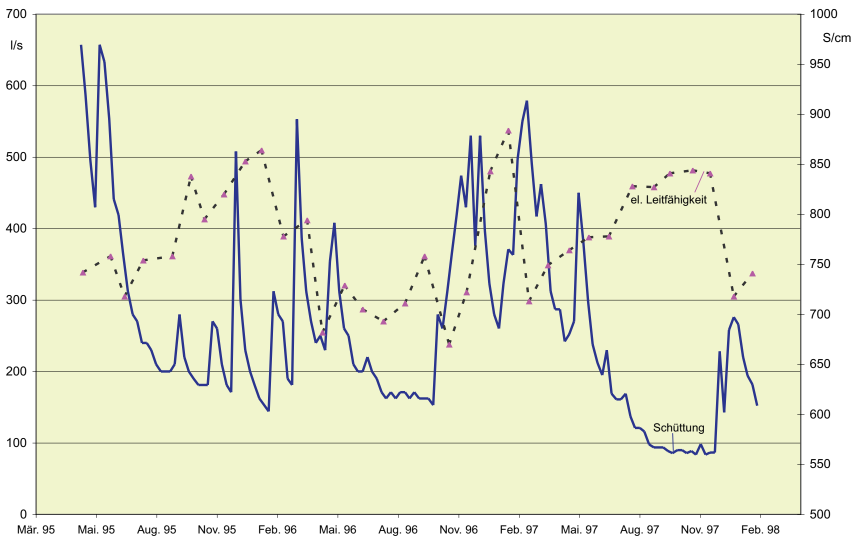


Abbildung 11: Schüttung und elektrische Leitfähigkeit des Wassers der Kressenteichquelle Breitau.

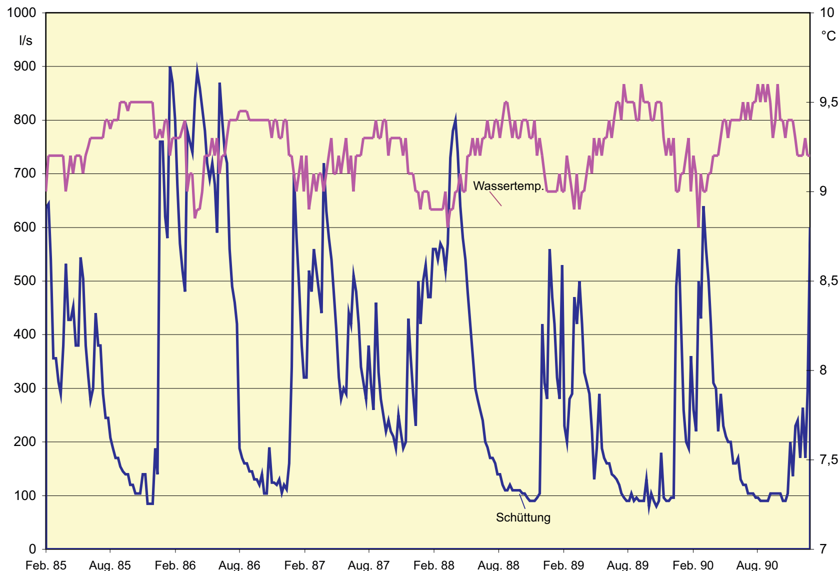


Abbildung 12: Schüttung und Wassertemperatur (jeweils wöchentliche Messung) der Kressenteichquelle Breitau, Messreihe Februar 1985 - Januar 1991.

kein Niederschlagswasser absickert, bleibt die Grundwassertemperatur praktisch konstant und entspricht der mittleren Jahrestemperatur an der Erdoberfläche. Außerdem spielt noch die geothermische Tiefenstufe eine Rolle (in Mitteleuropa Temperaturzunahme mit der Tiefe im Durchschnitt um 3 °C/100 m).

Im Diagramm lassen sich die Sommer- und Winterhalbjahre aus dem Temperaturgang ableiten. Sommerlicher Niedrigwasserabfluss und höhere Temperaturen bis 9,6 °C fallen zusammen, umgekehrt ist hohe Quellschüttung im Spätwinter und Frühjahr gekoppelt mit relativ niedrigen Temperaturen von 8,8 °C; die Temperaturspanne beträgt somit lediglich 0,8 °C und ist ausgesprochen gering. Diese starke Dämpfung der Temperaturkurve (im Gegensatz zur deutlichen Schwankung der Schüttung) weist nicht unbedingt auf lange Verweilzeiten des Wassers im Untergrund und auf einen allerdings möglichen ausgleichenden Temperaturaustausch zwischen Grundwasser und Gestein hin, sondern ist der Tatsache geschuldet, dass sich tägliche und wöchentliche Schwankungen der Lufttemperatur wegen der großen Mächtigkeit des Sickerraums von 100 m und mehr nicht auf das tief anstehende Grundwasser auswirken. Temperaturen um 9 - 9,5 °C sprechen dafür, dass der Speicherraum der Kressenteichquelle in einer Tiefe von etwa 300 m ü. NN liegen dürfte (Toussaint 1985, 2005).

Die Abflüsse der Quellen in Röhrda (Aschenborn, Heiligenborn und Martinsborn, nicht Hasenborn) werden kurz vor ihrer Einmündung in die Netra im Schindgraben in einem Messgerinne erfasst, auch im Falle der den Lüderbach, einem rechtsseitigen Zufluss der Ifta, speisenden Quelle Lüderbach ist die Entfernung zwischen primärem Quellaustritt und Messstation relativ groß. Um deswegen eine ins Gewicht fallende Verfälschung der Temperaturdaten, die ebenfalls

nur im Rahmen eines zeitlich befristeten Sonderprogramms erhoben wurden, zu vermeiden, wurden die Messungen im Quellmund oder unmittelbar danach vorgenommen. Da die Lüderbach-Quelle auch der Trinkwasserversorgung dient und im Anstrom der Quellen in Röhrda ein Trinkwasserbrunnen existiert, muss auch eine geringe anthropogene Beeinflussung der Schüttungscharakteristiken der Quellen in Kauf genommen werden.

Aus Bohrungen ist bekannt, dass die Grenze Röt/Unterer Muschelkalk im nordwestlichen Ringgau in der Nähe des Netragrabens (nur) 40 - 50 m unterhalb des Niveaus des Aschenborn liegt (WIEGAND & KAUFMANN 1983) und im Gegensatz zum zentralen Ringgau mit Grundwasserflurabständen von bis zu 150 m an seinem nördlichen Rand der Grundwasserspiegel bereits in 20 m Tiefe angetroffen wird. Das lässt vermuten, dass die Schüttung der Quellen am N-Rand des Ringgaus beträchtlich schwanken kann, zumal das Einzugsgebiet der Quellgruppe in Röhrda eine Fläche von nur ca. 4 - 5 km^2 aufweist und das der Quelle in Lüderbach vermutlich sogar noch geringer dimensioniert ist. Andererseits handelt es sich aufgrund der geologischen Gegebenheiten bei diesen Quellen um Überlaufquellen, so dass auch davon ausgegangen werden könnte, dass wegen eines Speicherraums auch unterhalb des Talniveaus der Netra der Schüttungsgang eher relativ gedämpft ist. Hinzu kommt noch, dass wegen der Existenz von zahlreichen schmalen Keupergräben, die parallel zum Creuzburg - Netra-Graben bzw. Sontra-Graben verlaufen, die grundwasserhydraulischen Verhältnisse im Anstrombereich der Quellen am N-Rand des Ringgaus anders sein müssten als bei der Kressenteichquelle in Breitau.

Diese Annahme wird mit der Modellvorstellung begründet, dass die hinsichtlich ihrer Größenordnung nicht näher bekannte Absenkung von in der Regel wenig wasserwegsamen Schichten des Unteren Keupers bzw. des Mittleren Muschelkalks in diesen Gräben relativ zur Umgebung der Durchströmungsquerschnitt für das Grundwasser im wasserwegsamen Unteren Muschelkalk reduziert wird, zumindest aber eine merkliche Abnahme des Durchlässigkeitsbeiwertes zu postulieren ist. Die Folge ist ein Rückstau/Aufstau des anströmenden Grundwassers in den zwischen den tektonischen Gräben liegenden jeweiligen Muschelkalkblöcken. Diese Muschelkalkblöcke fungieren als streifenförmige „Speicherbecken“, die in Grundwasserfließrichtung gesehen hintereinander liegen (Modellvorstellung einer mehrstufigen Speicherkaskade). Obwohl sie durch SSW - NNE- oder SW - NE-verlaufende Störungen hydraulisch miteinander in Kontakt stehen, wird das Grundwasser auf seinem Fließweg in Richtung Quellen immer wieder umgelenkt, seine Aufenthaltszeit im Untergrund wird somit deutlich verlängert. Der (Rück-)Staueffekt und der Effekt der Verlängerung der relativen Aufenthaltszeit der Grundwassers im Unteren Muschelkalk sollten am N-Rand des Ringgaus von NW nach SE zunehmen, weil in dieser Richtung die Anzahl der Keupergräben auf der Hochfläche zunimmt. Die Analyse der hydrologischen Daten muss zeigen, dass dem so ist. Wenn wie postuliert das Grundwasser im SE-Teil des Ringgaus näher an der Geländeoberfläche steht als z.B. im Zustrom der Quellen in Röhrda, müssen sich Grundwasserneubildungsprozesse relativ rasch und deutlich im Schüttungs- und Temperaturverhalten der in diesem Bereich vorhandenen Quellen abbilden. Im Falle der Quelle des Lüderbaches müsste außerdem der Abflussgang gedämpfter sein als bei den anderen hier diskutierten Quellen.

Anhand der nachfolgenden Diagramme (Abb. 13, 14) lässt sich gut belegen, dass die Schüttungscharakteristiken der Quellen am N-Rand des Ringgaus sich von der der Kressenteichquelle unterscheiden, wobei das Abflussverhalten der Quellen in Röhrda eher dem der Quelle in Breitau ähnelt als dem der Quelle in Lüderbach. Wenn man die Schüttungsganglinien der Kressenteichquelle in Breitau einerseits und diejenigen der Quellen in Röhrda und Lüderbach andererseits miteinander vergleicht, erkennt man auf den ersten Blick allerdings keine großen Unterschiede (Abb. 13). Im Hinblick auf eine Reaktion auf größere Niederschlags- bzw. Grundwasserneubildungsereignisse oder längere Trockenwetter-

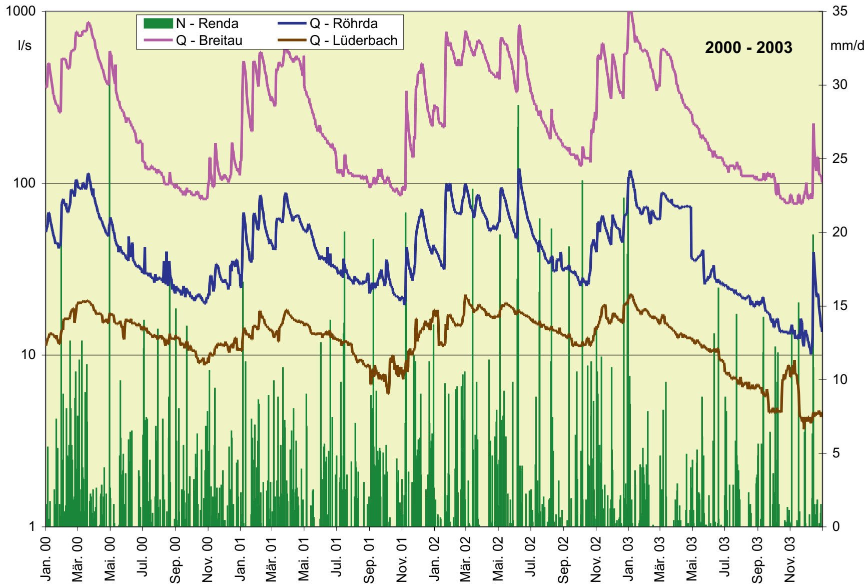


Abbildung 13: Schüttung (Tagesmittelwerte) der Quellen Breitau, Röhrda und Lüderbach (Ganglinien von oben nach unten) sowie Niederschläge (Tageswerte) an der DWD-Station Renda in den Jahren 2000 - 2003.

phasen ähneln sich die Ganglinien in ihrem Grundmuster, im Detail sind aber die Differenzen nicht zu übersehen.

Die wenigsten Unterschiede bestehen zwischen der Kressenteichquelle in Breitau und den Quellen in Röhrda: die Temperaturen sind vergleichbar, das Verhältnis höchster Abfluss/niedrigster Abfluss im Zeitraum 2000 - 2003 beträgt etwa 13,6:1 bzw. 12,1:1. Im Falle der Quelle in Lüderbach ist dieses Verhältnis ca. 10,0:1, die Schüttung ist somit etwas ausgeglichener als bei den beiden anderen Quellen. In der Statistik wird der Grad der Abhängigkeit einer Variablen von einer anderen durch den Korrelationskoeffizienten R ausgedrückt. Der auf die Schüttung der Jahresreihe 1982/99 bezogene Korrelationskoeffizient $R_{Breitau/Röhrda}$ ist mit 0,967 sehr hoch, die Schüttungsmuster der Quellen Kressenteich und Röhrda sind also fast identisch. Der Korrelationskoeffizient $R_{Röhrda/Lüderbach}$ ist mit 0,867 zwar immer noch hoch, spiegelt aber auch Abweichungen in der

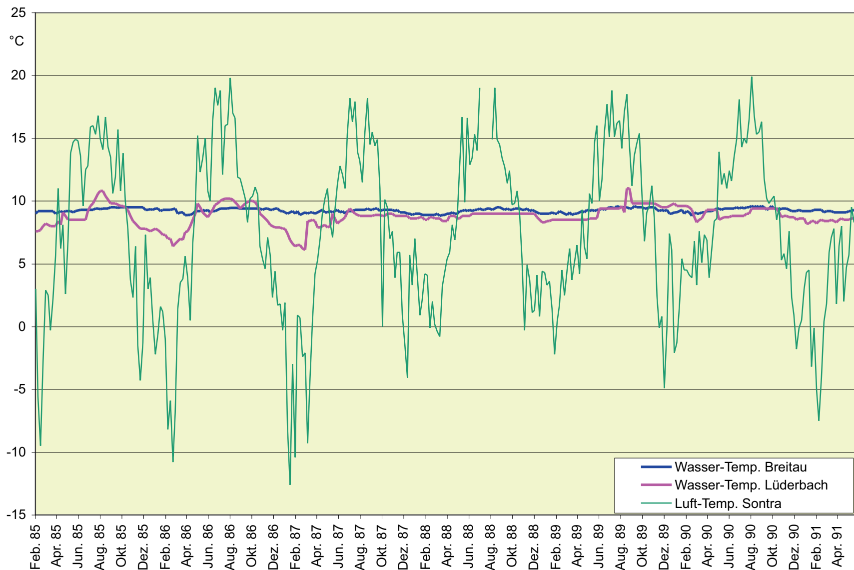


Abbildung 14: Wassertemperaturen (Wochenturnus) der Quellen Breitau und Lüderbach im Zeitraum Februar 1985 - Mai 1991 im Vergleich zur Lufttemperatur (Wochenmittel) an der DWD-Station Sontra-Heyerode.

Schüttungscharakteristik der beiden Quellengruppen am nördlichen Rand des Ringgaus wider. Dagegen sagt der Korrelationskoeffizient $R_{Kressenteich/Lüderbach}$ von nur noch 0,692 aus, dass beide Quellen zwar aus dem großen Grundwasserreservoir des Ringgaus gespeist werden, aufgrund unterschiedlicher hydrogeologischer Verhältnisse in seinem westlichen und nordöstlichen Abschnitt aber unterschiedliche Abflussregimes bestehen. Es ist offensichtlich, dass sich am Nordrand des Ringgaus von NW nach SE die für das Abflussgeschehen maßgebenden geohydraulischen Verhältnisse ändern und eine in dieser Richtung zunehmende Dämpfung der Quellschüttung zur Folge haben. Die Quelle in Lüderbach ist ein gutes Beispiel dafür, dass auch bei einem kleinen Einzugsgebiet und einem nicht sehr mächtigen Grundwasserleiter die Schüttung nicht stark schwanken muss, sofern im Untergrund wasserspeichernde Strukturen vorhanden sind, in diesem Falle Gesteine des Muschelkalks zwischen tektonisch verstellten stauenden Schichten.

Im Hinblick auf diese unterschiedliche Charakteristik der hier vorgestellten Quellen des Ringgaus wäre es von Interesse gewesen herauszufinden, wie sich die Schüttung der nicht untersuchten Klingbornquelle bei Ifta, die ebenfalls eine Überlaufquelle ist, aber wegen ihrer Position an der nördlichen Randverwerfung des Creuzburg - Netra-Grabens nicht aus dem großen Grundwasserreservoir des Ringgaus alimentiert wird, sondern aus dem Grundwasservorkommen in einem verhältnismäßig kleinen Muschelkalkkomplex gespeist wird, verhält.

Gegensätzlich zum Schüttungsverhalten verhält sich der Gang der Wassertemperatur der Lüderbachquelle, die Temperaturen schwanken zwischen 6 und 11 °C.

Im Vergleich zur Kressenteichquelle in Breitau sind die Temperaturen im Mittel wesentlich geringer und der Temperaturgang weist deutliche Amplituden auf (Abb. 14). Es lässt sich eine nicht zu übersehende Parallelität mit dem Gang der Lufttemperatur erkennen. Signifikante Änderungen der Quellwassertemperatur vollziehen sich innerhalb einer Woche, im Gefolge von großen Niederschlagsereignissen oder während der Schneeschmelze können sich die Wassertemperaturen sogar innerhalb weniger Tage um 0,5 - 1 °C ändern. Die Wassertemperaturen sagen aus, dass sich das unterirdische Reservoir, aus dem die Quelle in Lüderbach gespeist wird, im Gegensatz zu den beiden anderen Quellenbezirken in Breitau und Röhrda relativ oberflächennah befinden muss.

5 Hinweise für die Grundwasserwirtschaft

Die Ende der 30er-Jahre des letzten Jahrhunderts gefasste und seitdem der Trinkwasserversorgung des Werra-Meißner-Kreises dienende Kressenteichquelle in Breitau ist wie viele andere Karstquellen auch kontaminationsgefährdet. Da die Elimination von pathogenen Keimen und anderen unerwünschten Inhaltsstoffen im Rohwasser nicht unerhebliche Kosten verursacht, wurde in der Vergangenheit mehrfach erwogen, diese Quelle vom Netz zu nehmen und durch Brunnenfassungen zu ersetzen. Aus unterschiedlichen Gründen waren die entsprechenden Bohrungen jedoch nicht erfolgreich.

Wegen ihres großen, wenn auch stark schwankenden Wasserdargebots bleibt die Kressenteichquelle trotz aller Probleme für die überregionale Trinkwasserversorgung somit unverzichtbar. Anders sieht es aus, wenn an die kleindimensionierten Versorgernetze am N-Rand des Ringgaus gedacht wird. Die Quellen in Röhrda dienen ohnehin nicht der Wasserversorgung, wohl aber die Lüderbachquelle. Am N-Rand des Ringgaus an der Grenze zum Creuzburg - Netra-Graben ist der Untere Muschelkalk unterhalb des Ausstrichs der wasserstauenden Keuperschichten immer mit Grundwasser erfüllt, was aber ein gelegentliches Versiegen der dortigen, an die Grabenrandverwerfung gebundenen Überlaufquellen nicht unbedingt ausschließen muss, siehe Klingbornquelle bei Ifta. Daher bietet es sich an, südlich dieses Grabensystems Versorgungsbrunnen abzuteufen, die den im Unteren Muschelkalk gespeicherten Grundwasservorrat besser ausschöpfen können. In Röhrda ist das bereits der Fall, andernorts im nördlichen Ringgau noch nicht. Wegen der in Abschn. 4.2 beschriebenen spezifischen hydrogeologischen Gegebenheiten würde sich ein Gebiet südlich Lüderbach für Erschließungsbohrungen besonders gut eignen. Es kann zwar bereits jetzt schon vermutet werden, dass wegen der längeren Verweilzeit des Grundwassers im Speicher-/Leitergestein als z.B. im Falle der Kressenteichquelle die Grundwasser- und somit auch Rohwasserqualität auch nach Starkregen nicht zu beanstanden ist, doch sollten entsprechende Erkundungen diese und andere Fragen beantworten. Dabei sind auch die örtlichen geologischen und die daraus abzuleitenden hydrogeologischen Verhältnisse genauer abzuklären, da die 1992 vom damaligen Hessischen Landesamt für Bodenforschung herausgegebene Geologische Karte 1:25000 Blatt 4926 Herleshausen lediglich ein Nachdruck der Karte von 1876 (!) ist und die östlich anschließende GK 25 Blatt 4927 Creuzburg nur unwesentlich jünger ist und aus dem Jahr 1907 stammt.

6 Literatur

Geyer, R. (2009): Die Entwicklung des Hörselberggebietes in der Erdgeschichte. – 62 S., 102 Abb., 2 Anl.; Wutha-Farnroda (Eigenverlag der Gemeinde Wutha-Farnroda).

Geyer, R., Jahne, H. & Storch, S. (1999): Geologische Sehenswürdigkeiten des Wartburgkreises und der kreisfreien Stadt Eisenach. – Naturschutz im Wartburgkreis, **8**: 188 S., 162 Abb., 4 Tab., 1 Kte.; Eisenach, Weimar.

Toussaint, B.: Der Ringgau, ein natürliches Groß-Lysimeter – dargestellt am Wasserhaushalt der Breitauer Kressenteichquelle unter besonderer Berücksichtigung der Karsthydrogeologie. – Geol. Jb., **C 21**: 99-135, 10 Abb., 11 Tab.; Hannover 1979.

Toussaint, B.: Die Karsthydrogeologie des nordosthessischen Ringgaues. – Karst und Höhle, **1984/85**: 71-98, 18 Abb., 6 Tab.; München 1985.

Toussaint, B.: Landesgrundwasserdienst - Analyse der Schüttung ausgewählter Quellen im nordosthessischen Ringgau. – Jb. hess. LA Umwelt u. Geologie, **2004**: 9-21, 11 Abb.; Wiesbaden 2005.

Wiegand, K. & Kaufmann, E.: Hydrogeologisches Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für den Brunnen Röhrda der Gemeinde Ringgau, Werra-Meißner-Kreis, 21.3.1983, Az. 341-160/82-Ka-Wg/Zz, unveröff. –7 S., 1 Anl.; Wiesbaden 1983.

Prof. Dr. Benedikt Toussaint
Seifer Weg 25
65232 Taunusstein
Tel.: 06128/71737
e-Mail: b_toussaint@web.de
www.hgc-toussaint.de

Manuskripteingang: 19. Juli 2010